

I - B 490

高架橋 RC 橋脚の衝撃的破壊について ーモデル橋脚に対する線爆実験による検討ー

明石工業高等専門学校 正会員 石丸 和宏
大阪市立大学大学院 学生会員 林 道廣
大阪市立大学工学部 正会員 園田恵一郎
大阪市立大学工学部 正会員 高田 直俊

1. はじめに

1995年1月17日の兵庫県南部地震により被害を受けた土木、建築構造物のなかには上下動の影響を受けた鉛直衝撃破壊と思われる現象が見られた(写真1, 2). これらは従来の地震被害現象とは異なるものであり, その原因は今もなお未知の部分が多い.

本研究では安全にそして容易に衝撃力が得られる水中線爆装置を用い, 高架橋を想定した供試体の底面に鉛直衝撃力を作用させ, 高架橋 RC 橋脚で見られた水平輪切りひび割れや圧縮破壊などの破壊形式を再現することで, 破壊メカニズムを解明する.

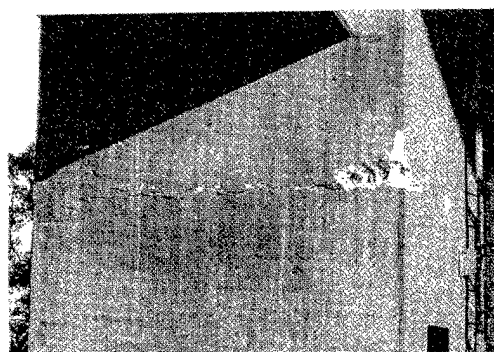


写真1 高架橋 RC 橋脚の水平輪切りひび割れ



写真2 高架橋 RC 橋脚の圧縮破壊

2. 実験方法

本実験ではまず衝撃発生装置として, 火薬を用いない水中線爆装置(参照図1)を開発した. これはコンデンサ(最大 $5\mu\text{F}$)に蓄えた充電エネルギー(最大 250J)を水中容器に設置した線爆材(ピアノ線)に瞬時に電圧(最大 10kV)をかけ, 線爆材が瞬時に熔融・気化する際に発生する衝撃波を水圧として供試体底面に与えるものである. 上方へ放射状に広がる衝撃波は水中を伝播して供試体底面へ直接伝わり, また衝撃反射板の表面は放物面に加工してあり, その放物面の焦点に線爆材を設置したので, 反射波は供試体底面へ垂直に伝わるようになる.

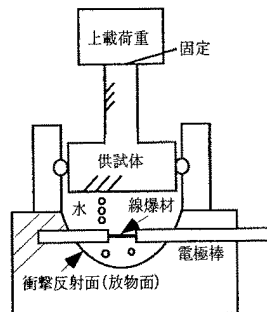


図1 水中線爆装置

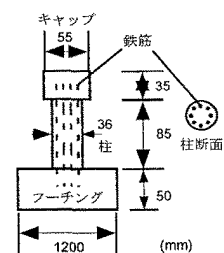


図2 供試体の形状

3. 供試体諸元

供試体は 1)柱部, 2)フーチング部, 3)上載荷重と供試体に固定するためのキャップ, の3つの部分からなる. 形状および寸法を図2に示す. 材料は主に石こうを用い, その材料強度およびヤング率はそれぞれ圧縮強度 50kgf/cm^2 , 引張り強度 11kgf/cm^2 , ヤング率 $4.34 \times 10^4\text{kgf/cm}^2$, ポアソン比 0.37 である. また通常 RC 橋脚に配置される鉄筋に代わるものとして $\phi 0.8\text{mm}$ の針金を柱部に配置した.

キーワード: 衝撃的破壊, 地震, 高架橋, 水中線爆, 破壊形式

〒674-8501 兵庫県明石市魚住町西岡 679-3, TEL 078-946-6141, FAX 078-946-6183

4. 結果及び考察

本実験は高架橋実物との破壊形式を対比するため、高架橋 RC 橋脚モデルの圧縮破壊と水平輪切りひび割れ破壊を再現することを試みた。また供試体破壊時の橋脚部中央の軸方向ひずみも併せて計測した。ひずみゲージは橋脚部の中央部分に2枚対称に貼り付け、その平均値を測定値とした。パラメータはコンデンサの静電容量は $5\mu\text{F}$ 、充電電圧は 5kV 、 7.5kV 、上載荷重は 0.0 、 2.5 、 5.0 、 10.0kgf とした。各条件での破壊形式、最大圧縮ひずみおよび力積を表1に示す。ただし、表において圧縮破壊は圧縮、水平輪切りひび割れ破壊は引張として表現した。またその破壊形式を写真3、4に示す。

表1 破壊モード、最大圧縮ひずみと力積

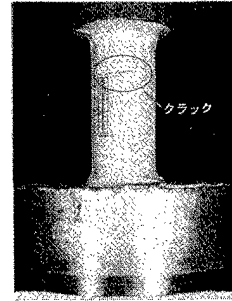
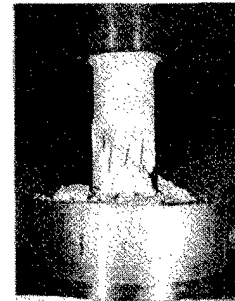
		上載荷重(kgf)			
		0.0	2.5	5.0	10.0
5kV	破壊形式	引張	引張	引張	引張
	最大圧縮ひずみ(μ)	2.9×10^3	4.2×10^3	5.6×10^3	4.0×10^3
	力積*	4.3×10^{-3}	5.6×10^{-3}	6.1×10^{-3}	6.8×10^{-3}
7.5kV	破壊形式	引張	引張	圧縮	圧縮
	最大圧縮ひずみ(μ)	2.7×10^3	4.0×10^3	5.9×10^3	6.4×10^3
	力積*	5.7×10^{-3}	7.9×10^{-3}	8.2×10^{-3}	9.1×10^{-3}

*: 単位面積あたり ($\text{kgf} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$)

引張り破壊モードが認められた充電電圧 5kV 、上載荷重 $0.0 \sim 10.0\text{kgf}$ の場合と 7.5kV の上載荷重 $0.0 \sim 2.5\text{kgf}$ の場合では最大圧縮ひずみは $2700 \sim 5600\mu$ に達している。本実験で用いた石こうのヤング率は $4.34 \times 10^4 \text{kgf}/\text{cm}^2$ であるので、静的弾性応力は $120 \sim 243 \text{kgf}/\text{cm}^2$ となり圧縮強度 $50 \text{kgf}/\text{cm}^2$ を大きく越える値になっているが、圧縮破壊を起こさずに引張り破壊を起こしている。圧縮破壊が認められた場合は最大圧縮ひずみが $5900 \sim 6400\mu$ で、これは静的弾性応力 $260 \sim 290 \text{kgf}/\text{cm}^2$ に相当する。圧縮破壊が確認できる状態での最大ひずみは静的破壊時に発生するひずみに対して相当大きいものと考えられる。

このことから石こう供試体を衝撃破壊させるためには、静的破壊時と比べて引張り破壊ひずみならびに圧縮破壊ひずみともに最低でも約5倍のひずみ発生を必要とすることが判明し、ひずみ速度の影響が顕著に現れたと考えられる。

また破壊形式と力積の関係は力積の大小が破壊形式を左右する一要因であると考えられる。

写真3 破壊形式(充電電圧 5kV 、上載荷重 2.5kgf)写真4 破壊形式(充電電圧 7.5kV 、上載荷重 10.0kgf)

5. まとめ

本研究ではまず水中線爆装置を開発した。次に小型高架橋 RC 橋脚モデルに対して実構造物と似た破壊形式を再現することができた。今後は自重応力を考慮するために遠心場での実験、また供試体の材料、寸法そして形状をかえた実験を行い、構造物の破壊メカニズムを解明していく予定である。

最後に、本実験は平成9年度文部省科学研究補助金(奨励研究(A))、(財)日工記念事業団研究助成金を受けたことを付記する。

6. 参考文献

- [1]高田直俊：衝撃的上下動による構造物の被害、大阪市立大学工学部紀要・震災特別号、pp. 157-162, 1997. 1. [2]K. Sonoda, N. Takada, H. Kobayashi: Impact Failure Tests of Bridge RC Pier Models by an Underwater Explosion Method, Proceeding of the 2nd Asia-Pacific Conference on Shock & Impact Loads on Structures, pp. 515-522, 1997.
- 11.[3]園田恵一郎、高田直俊：衝撃電圧発生装置を用いた高架橋橋脚モデルの破壊実験、土木学会構造工学委員会、衝撃問題研究小委員会資料、pp. 1-13, 1997. 11. 4. [4]堀口稔晴：水中線爆装置による高架橋 RC 橋脚モデルの破壊実験、大阪市立大学卒業論文、1998.